

(51) Int.Cl.⁶

識別記号

庁内整理番号

F I

技術分野簡所

H 0 1 S 3/18

G 0 6 E 1/00

審査請求 有 請求項の数16 O L (全 12 頁)

(21) 出願番号 特願平7-49638

(22) 出願日 平成 7 年 (1995) 3 月 9 日

(31) 優先権主張番号 特願平6-258069

(32) 優先日 平 6 (1994) 10 月 24 日

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 00004237

日本電気株式会社
東京都港区芝五丁目 7 番 1 号

(72) 発明者 吉川 隆士

東京都港区芝五丁目 7 番 1 号 日本電気株
式会社内

(72) 発明者 小坂 英男

東京都港区芝五丁目 7 番 1 号 日本電気株
式会社内

(72) 発明者 栗原 香

東京都港区芝五丁目 7 番 1 号 日本電気株
式会社内

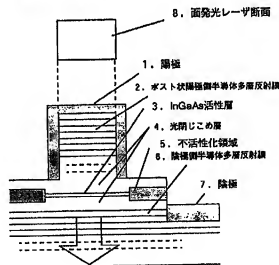
(74) 代理人 弁理士 京本 直樹 (外 2 名)

(54) 【発明の名称】 面発光レーザ及び面発光レーザアレイ及び光情報処理装置

(57) 【要約】

【目的】 垂直共振器型面発光レーザアレイの偏光の向きを制御して揃える。

【構成】 矩形断面のものについて説明する。陽極側半導体多層膜 2 のポスト断面形状を単一モードが得られる $6 \times 6 \mu\text{m}$ と十分小さくし、さらに一方の辺を $5 \mu\text{m}$ とした、 $6 \times 5 \mu\text{m}$ の矩形とする。ポスト側面では、その面に垂直な偏光の損失が大きい。 $6 \mu\text{m}$ の長辺側での長辺に平行な偏光の損失と $5 \mu\text{m}$ の短辺側での短辺に垂直な偏光の損失の比は、辺の長さの比にほぼ等しいため、長辺に垂直な偏光の損失が大きい。結果として短辺に垂直、すなわち長辺に平行な偏光が優勢となり、偏光制御が実現される。この効果はポスト径が単一モードが得られる程度に十分小さく、さらに本構造のように、片側の半導体多層反射膜のみをポスト構造にしていることで光が斜め成分を有する場合に顕著である。また光のフィールドが強い部分にポストを作製し、かつ電流注入をポスト中心部まで均一に行うために、ポスト底部と活性層の距離は光学長 1 波長程度が最適である。



【特許請求の範囲】

【請求項1】半導体基板上に活性層と前記活性層をはさむ光閉じ込め層からなる中間層と、前記中間層の上下に第1及び第2半導体多層反射膜とを有する面発光レーザにおいて、前記第1半導体多層反射膜のみポスト構造を有し、前記第1半導体多層反射膜の側面は1組の互いに平行な平面を持ち、基板と平行な前記第1半導体多層反射膜の断面の径は第2半導体反射膜の断面の径より小さく、かつ単一横モード（0次モード）及び単一縦モード（0次モード）で発振する大きさで、前記第1半導体多層反射膜の断面を構成する辺の内、前記1組の互いに平行な平面上にある辺が最も長いことを特徴とする面発光レーザ。

【請求項2】半導体周期的多層膜からなる上下一組の分布反射型（DBR；Distributed Bragg Reflector）反射鏡により垂直共振器を構成し、前記上下の反射鏡にはさまれた中間層が活性層と光閉じ込め層からなり、上部反射鏡の側壁が基板に対して垂直、または垂直に近い角度となるポスト構造を有し、ポスト構造の下部以外の活性層が不活性領域を有し、前記ポスト構造の断面積は十分小さく基本単一横モード（0次モード）及び単一縦モードで発振する大きさで出射された光は直線偏光であり、基板に平行なポスト構造の断面は向かい合う一組の平行な辺を有し、平行な辺は直線であり、平行な辺はその向かい合う端点どうしを結んだ直線よりも長く、平行な辺と同じかそれより長い直線は断面の中に存在なく、直線とは直線及び光が直線と感じる程度に直線に類似した図形であることを特徴とする面発光型レーザ。

【請求項3】前記上部反射鏡のポスト構造最下部と活性層との距離が1波長程度であることを特徴とする請求項1記載の面発光型レーザ。

【請求項4】モノリシックな一方の面発光レーザアレイ内で各素子の偏光が任意の方向に設定されていることを特徴とする面発光レーザアレイ。

【請求項5】前記面発光レーザアレイの各面発光レーザは、半導体基板上に活性層と前記活性層をはさむ光閉じ込め層からなる中間層と、前記中間層の上下に第1及び第2半導体多層反射膜とを有する面発光レーザであって、前記第1半導体多層反射膜のみポスト構造を有し、前記第1半導体多層反射膜の断面は単一基本横モードで発振する程度に小さく、前記ポスト構造の断面形状が非等方的で横モード特性に異方性を与える形状で、前記上部反射膜のポスト構造最下部と活性層との距離が光学長1波長程度であり、前記ポストの方向が各素子ごとに任意に設定されていることを特徴とする請求項4記載の面発光レーザアレイ。

【請求項6】前記面発光レーザアレイの各面発光レーザは隣どうしで交互に偏光が90度異なることを特徴とする請求項4記載の面発光レーザアレイ。

【請求項7】前記面発光レーザアレイの各面発光レーザは偏光方向が30度づつずれていることを特徴とする請求項4記載の面発光レーザアレイ。

【請求項8】前記面発光レーザアレイは偏光方向の揃った一群の面発光レーザアレイと、前記偏光方向の揃った一群の面発光レーザアレイとは偏光方向が異なる一個または数個の面発光レーザとを1単位とし、複数単位のアレイ群で構成されることを特徴とする請求項4記載の面発光レーザアレイ。

【請求項9】各発光素子の偏光が任意の方向に設定されている面発光レーザアレイと、前記面発光レーザアレイからの光を互いの異なる偏光成分に分離する偏光素子とを有することを特徴とする光インターコネクション装置。

【請求項10】請求項8に記載の前記面発光レーザアレイと、前記面発光レーザアレイからの光を伝送用信号光と制御用信号光とに分割する偏光ビームスプリッタとを有することを特徴とする光インターコネクション装置。

【請求項11】前記制御用信号光が面発光レーザアレイ用のモニター光であることを特徴とする請求項10記載の光インターコネクション装置。

【請求項12】面発光レーザアレイ内で各発光素子の偏光が任意の方向に設定され、前記面発光レーザから出射される光を偏光成分を分割する偏光光学素子に入射させ、前記偏光方向の設定により個々の発光素子の光路決定を行うことを特徴とする自由空間光接続方法。

【請求項13】偏光が交互に90度異なるレーザマトリクスアレイを光源に用いることを特徴とする立体映像ディスプレイ装置。

【請求項14】互いに偏光方向が90度異なる直線偏光を示す少なくとも2つのレーザ光を出射する半導体レーザアレイと前記半導体レーザの各々に対応した受光素子を有するスイッチノードと、前記スイッチノードから出射された1偏光成分を反射させ光路を変えて異なるスイッチノード内の受光素子へと導く偏光反射手段とを有することを特徴とする光スイッチ網。

【請求項15】互いに偏光方向が90度異なる直線偏光を示す少なくとも2つのレーザ光を出射する半導体レーザアレイと、前記2つのレーザ光を伝送する1本のファイバと、前記2つのレーザ光を集光し前記1本のファイバへ導く光学素子とで構成されることを特徴とする偏光多重伝送装置。

【請求項16】面発光レーザアレイ内で各発光素子の偏光方向が90度異なる直線偏光を示す2つのレーザ光を交互に変調する光源を有することを特徴とする偏光シフトキーイング方式コヒーレント光通信装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は光通信及び光コンピュータに用いられる面発光レーザ及び面発光レーザアレイに

間し、特に偏光方向を任意に制御できる面発光レーザ及び面発光レーザアレイ及び光情報処理装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】光通信、光コンピュータの光源として高密度化された半導体レーザアレイが必要となっている。半導体レーザアレイはいくつかの半導体レーザを適当なピッチで並べ、各々独立に駆動させている。

【0003】従来用いられている半導体レーザアレイの主な作製方法としては、一つに別々に作製した半導体レーザを整列させてハンダ、AuSn等の低融点合金により同一のヒートシンクに接着させて作製するフリップチップボンディングによる方法がある。この場合、アライメントは機械的な方式になるため、ピッチを詰められない、精度が悪いという欠点がある。

【0004】これに対して、一枚の基板上に作り込むモノリシックな作製方法がある。これは端面出射型ストライプレーザでは図2に示すように、適当な間隔でメサストライプを並べて作製するものである。電極を個々に分割することで、個々のレーザを別々に移動することが可能となっている。また、このタイプの半導体レーザアレイは互いの半導体レーザのピッチ、位置精度は光学露光で決定されるため μm オーダーの精度が得られる。

【0005】しかしながら端面出射型レーザアレイでは、1次元の配列しかできないため、アレイの数、密度には限界があり、光情報処理の光源として求められている多くの半導体レーザを集積化した半導体レーザアレイには不向きであった。

【0006】これに対して図23に示す面発光レーザでは、基板に対して垂直方向に光を出射するため、2次元の配列が容易で高密度なマトリックスアレイが作製される利点があり、ファイバ等光学部品への結合効率にも優れている。したがってファイバ、光インターコネクション等には光学素子やファイバへの結合あるいはアレイ素子の大きさを考慮すると、高精度かつ高密度化が可能な面発光レーザアレイが有望視されている。

【0007】さらに半導体レーザアレイの光通信、光コンピュータへの応用上、偏光方向は安定であることが望ましい。これは光情報処理のシステム構成で偏光依存性のある光学素子を用いるためだけでなく、素子の端面面反射等でもどんな系でも偏光依存性が存在するため、偏光の不安定性が系全体を不安定にするためである。

【0008】光通信や光コンピュータで重要となる半導体レーザアレイの偏光については、端面出射型の半導体レーザはピッチが波長程度に小さくモードカップリングが起きる場合を除けば、アレイであることによる特別な偏光制御効果は存在せず個々の素子の偏光特性を保持する。そのため、アレイでは、TEモードに起因する基板に平行な偏光が優勢となる。

【0009】一方、面発光レーザでは偏光に対して制限

要因が無い場合、個々の素子でランダムな方向に偏光が現れ、かつその偏光方向は不安定で駆動電流や温度等によりスイッチングが起きる場合がある。

【0010】面発光レーザの一つである垂直共振器型面発光レーザは、特願平3-34754号にあるように上下2組の半導体多層反射膜で共振器を形成し、基板に対して垂直方向に光を出射する半導体レーザである。端面出射型ストライプレーザに較べて、出射角が狭い、縦モード間隔が大きい、アレイにしやすい等の特徴を併す。

【0011】現在、半導体レーザを光源とする光通信等のシステムでは、偏光の方向に依存するビームスプリッタや偏光子などの使用が不可欠なため、面発光レーザにおいても偏光を制御することが応用上極めて重要である。

【0012】垂直共振器型面発光レーザにおいて偏光を制御しようとする試みはいくつか報告があるが大きく分けて2種類ある。

【0013】ひとつは多層反射膜の反射率に異方性を持たせようという試みでMitsunori Shimizuらがジャパニーズ ジャーナル オブ アプライドフィジックス30巻L1015-L1017ページ(Japanese Journal of Applied Physics Vol. 30, PP. L1015-L1017, 1991)に示したように、上部の半導体多層膜の側面のうち向かい合う2面のみを高反射率の金属で覆った例があるが実験結果からはこの方法の有効性は確認されていない。

【0014】もうひとつの方法は、活性層に異方的なストレスを与える方法でToshikazu Mukaiharaらがジャパニーズ ジャーナル オブ アプライドフィジックス31巻1389-1390ページ(Japanese Journal of Applied Physics, 31, pp. 1389-1390, 1992)に示したように基板を楕円に掘りこんで異方的なストレスを与えることで長軸に平行な偏光を得ようというもののだが、基板へのストレスを用いると、温度変化による熱膨張や、パッケージング、取扱い時に発生するストレスの影響を受け易く現実的でない。

【0015】その他では特開平1-265584号公報にあるように、光出射部に矩形的の高屈折率導波部を設け、その長辺に平行な偏光を通す試みがあるが、高屈折率導波部へ有効に光が閉じ込められるかは疑問で、それを用いた偏光制御効果も強くないと考えられる。

【0016】また特開平4-242989号公報にあるように、異形状を有する電極により、異方的な利得を与える利得閉じ込め型レーザの一種の例があるが、利得閉じ込め型においては閉じ込めが弱く光は発散しており、電極下部に閉じ込められている割合(光閉じ込め係数)は非常に小さいので、電極形状の変化で与えられる利得の異方性は非常に弱い。従って、それを利用した偏

波制御効果も小さいと思われる。

【0017】特開平4-144183号公報には垂直共振器部分を2軸を有する異方的な形状にして偏光制御を試みた例がある。図10にこの素子を上面から見た図を示す。この公報には偏光制御の物理的な根拠に関しては何も記載されておらず、ただ長軸に平行な偏波が得られると記されている。図10(b)のようなひし形断面の面発光レーザが偏光制御効果が無いことは、アイーイーイー フォトリニクステクノロジー レターズ第6巻41ページ (IEEE Photonics Technology Letters, 6, pp. 40-42, 1994) により、また、その実施例である楕円形状の断面 (図10(a)) を有する面発光レーザについても、特開平1-266584号公報の「従来の技術」の中での記載に十分な偏光制御効果がないことが記されており、単に共振器の断面形状を異方的にしただけでは偏光方向の制御を行うことはできなかった。

【0018】

【発明が解決しようとする課題】 別々に作製した半導体レーザを並べて半導体レーザアレイを作製する場合、端面出射型半導体レーザアレイでは、基板に平行な偏光を有する端面出射型レーザを、目的の方向へそれぞれ基板を傾けさせて配置することにより、レーザアレイの偏光を任意に設定することができるが、この場合、通常の基板面を基準とした同一ヒートシンクへの融着による配置が難しく、作製が非常に困難となる。

【0019】また、従来の半導体レーザアレイの偏光方向は同一基板上にモノリシックに作製した場合、端面出射型半導体レーザアレイでは偏光方向が基板に平行な成分だけになり、面発光レーザの偏光制御についてはいろいろな試みがなされているに問わず、十分な偏光制御を行うことができていないために面発光レーザアレイで個々のレーザ素子ごとには全くばらばらの偏光となっていた。

【0020】さらに従来例では数個の素子についてのデータしか示されておらず、実際は素子作製の引き継ぎ、ストレスや素子評価時の反り光等の再現性の乏しい要因による数十個の素子について偏光方向が揃うことである。したがって偏光制御の評価で、少なくとも500個程度の素子についてその偏光方向を調べても、なお良好な偏光制御が確認できるものでなければならぬ。

【0021】上記の従来の面発光レーザは偏光を制御できていないこと以外にも問題がある。ひとつには半導体レーザが直線偏光を示していないので、偏光方向が定まらない。また、光の導波方向に垂直な断面の径が大きく、このため横モードあるいは縦モードが単一となっていない場合がある。多モードの場合、偏波は各モードで同じ向きとは限らない。従って偏光の制御は直線偏光を示し、かつ、単一モードが得られる程度の小さい素子で実現される必要がある。

【0022】さらに偏光方向が任意に設定されたレーザアレイという概念が無かったためにそれを利用したシステムの実例も無いが、後で述べるように、1アレイ内で偏光方向が任意に設定されれば、偏光を利用した光路制御、偏光多重通信等様々なシステム応用が考えられる。

【0023】本発明の目的は、少なくとも500個以上の面発光素子の偏波方向をある方向に揃えることができる単一横モードで発振する面発光レーザを提供しさらにこれを用いてモノリシックな一つのアレイ内の各素子の偏光方向を任意に設定できる面発光レーザアレイを提供することである。

【0024】また、レーザアレイの任意に設定された偏光を利用した光路制御、偏光多重通信等様々な光情報処理装置を提供することである。

【0025】

【課題を解決するための手段】 本発明の面発光レーザは半導体基板上に活性層と前記活性層をはさむ光閉じ込め層からなる中間層と、前記中間層の上下に第1及び第2半導体多層反射膜とを有する面発光レーザにおいて、前記第1半導体多層反射膜のみポスト構造を有し、前記第1半導体多層反射膜の側面は1組の互いに平行な平面を持ち、基板と平行な前記第1半導体多層反射膜の断面の径は第2半導体反射膜の断面の径より小さく、かつ単一横モード(0次モード)及び単一縦モード(0次モード)で発振する大きさで、前記第1半導体多層反射膜の断面を構成する辺の内、前記一組の互いに平行な平面にある辺が最も長いことを特徴とする。

【0026】本発明の面発光レーザは半導体周期的多層膜からなる上下一組の分布反射型(DBR; Distributed Bragg Reflector)反射鏡により垂直共振器を構成し、前記上下の反射鏡にはさまれた中間層が活性層と光閉じ込め層からなり、上部反射鏡の側面が基板に対して垂直、または垂直に近い角度となるポスト構造を有し、ポスト構造の下部以外の活性層が不活性領域を有し、前記ポスト構造の断面積は十分小さく基本単一横モード(0次モード)及び単一縦モードで発振する大きさで出射された光は直線偏光であり、基板に平行なポスト構造の断面は向かい合う一組の平行な辺を有し、平行な辺は直線であり、平行な辺はその向かい合う端点どうしを結んだ直線よりも長く、平行な辺と同じくそれより長い直線は断面の中に存在なく、直線とは直線及び光が直線と感じる程度に直線に類似した図形であることを特徴とする。

【0027】また前記上部反射鏡のポスト構造最下部と活性層との距離が1波長程度であることを特徴とする。

【0028】本発明の面発光レーザアレイはモノリシックな一つの面発光レーザアレイ内で各素子の偏光が任意の方向に設定されていることを特徴とする。

【0029】また前記面発光レーザアレイの各面発光レーザは、半導体基板上に活性層と前記活性層をはさむ光

閉じこめ層からなる中間層と、前記中間層の上下に第1及び第2半導体多層反射膜とを有する面発光レーザであって、前記第1半導体多層反射膜のみポスト構造を有し、前記第1半導体多層反射膜の断面は単一基本横モードで共振する程度に小さく、前記ポスト構造の断面形状が非等方的で横モード形状に異方性を与える形状で、前記上部反射膜のポスト構造最下層と活性層との距離が光学長1波長程度であり、前記ポストの方向が各素子ごとに任意に設定されていることを特徴とする。

【0030】また前記面発光レーザレイの各面発光レーザは隣どうして交互に偏光が90度異なることを特徴とする。

【0031】また前記面発光レーザレイの各面発光レーザは偏光方向が30度づつずれていることを特徴とする。

【0032】また前記面発光レーザレイは偏光方向の揃った一群の面発光レーザレイと、前記偏光方向の揃った一群の面発光レーザレイとは偏光方向が異なる一個または複数の面発光レーザとを1単位とし、複数単位のアレイ群で構成されることを特徴とする。

【0033】本発明の光インターコネクション装置は各発光素子の偏光が任意の方向に設定されている面発光レーザレイと、前記面発光レーザレイからの光を互いの異なる偏光成分に分離する偏光素子とを有することを特徴とする。

【0034】本発明の光インターコネクション装置は前記面発光レーザレイと、前記面発光レーザレイからの光を伝送用信号光と制御用信号光とに分割する偏光ビームスプリッタとを有することを特徴とする。

【0035】また前記制御用信号光が面発光レーザレイ用のモニター光であることを特徴とする。

【0036】本発明の自由空間光接続方法は面発光レーザレイ内で各発光素子の偏光が任意の方向に設定され、前記面発光レーザから出射される光を偏光成分を分割する偏光光学素子に入射させ、前記偏光方向の設定により個々の発光素子の光路決定を行うことを特徴とする。

【0037】本発明の立体映像ディスプレイ装置は偏光が交互に90度異なるレーザマトリックスレイを光源に用いることを特徴とする。

【0038】本発明の光スイッチ網は互いに偏光方向が90度異なり直線偏光を示す少なくとも2つのレーザ光を出射する半導体レーザレイと前記半導体レーザの各々に対応した受光素子を有するスイッチノードと、前記スイッチノードから出射された1偏光成分を反射させ光路を変えて異なるスイッチノード内の受光素子へと導く偏光反射手段とを有することを特徴とする。

【0039】本発明の偏光多重伝送装置は互いに偏光方向が90度異なり直線偏光を示す少なくとも2つのレーザ光を出射する半導体レーザレイと、前記2つのレー

ザ光を伝送する1本の光ファイバと、前記2つのレーザ光を集光し前記1本のファイバへ導く光学素子とで構成されることを特徴とする。

【0040】本発明の偏光シフトキーイング方式コヒーレント光通信装置は面発光レーザレイ内で各発光素子の偏光方向が90度異なる直線偏光を示す2つのレーザ光を交互に変調する光源を有することを特徴とする。

【0041】

【作用】例えばマックス ボルンとエミル ウォルフ著、平川徹と横田英司訳「光学の原理Ⅰ」（東海大学出版会、1988年第6刷51〜73ページ）にあるように一般に、平面での反射は平面に平行偏光は透過率が低く、垂直な偏光は透過率が高い。従って、本発明のような、断面に直線を有するポスト構造、すなわち側面に平面を有するポスト構造では、側面に平行な偏光成分はポスト外へ光が透過することによる回折損失が小さい。逆に、側面に垂直な偏光成分はポスト外へ光が透過することによる回折損失が大きい。その結果、平面側面に平行な偏光が優勢となる。本来D BRを利用した垂直共振器では、光は上下に往復し、ポスト側面での影響は小さい。しかし本発明ではポストサイズが基本横モードが得られる程度に小さいので、ポスト側面での回折損失の影響を受ける。さらに本発明では、上側D BRはポスト加工され横方向の光閉じ込めがなされているが、下側のD BR反射鏡は加工されていないために、光の横方向閉じ込めが下側D BRで小さく光が広がる。その結果、往復している光の進行方向に斜め成分があらわれるので、ポスト側面の回折損失の影響をより受け易くなる。

【0042】また、本発明では、ポスト構造の底部と活性層との距離が光学長1波長程度と短いので、光強度が強い位置において上記の平面側面の影響を及ぼすことが可能となる。

【0043】本発明では面発光レーザの偏光方向を一方の方向に設定することができるので、高密度、高精度のモノリシックな半導体レーザレイで、一つのアレイ内の各素子の偏光方向を任意に設定できる半導体レーザレイを得ることができる。

【0044】また、偏光方向が任意での偏光ビームスプリッタ等の偏光依存光学部品との組み合わせで、さまざまな機能をもたせることが可能となる。

【0045】

【実施例】以下図面を用いて本発明の面発光レーザの実施例を説明する。

【0046】図1に本発明の面発光レーザの実施例を示す。上下2組のGaAs/AlAs半導体多層反射膜2、6で共振器を形成し、基板に対して垂直方向に光を出射するレーザである。中間層はInGaAs活性層3とAlGaAs光閉じ込め層4よりなる。上側の、陽極側半導体多層反射膜2は反応性イオンビームエッチングにより、ポスト形状に加工する。ポスト下部以外の活性

層3はプロトン注入により不活性化領域5に変性される。また下部陰極側半導体多層反射膜6まで貫いてエッチングを行い、そこに陰極7を反する。陽極1はポスト全体を電極材で覆う。陰極7と陽極1間に電流を流し、レーザ発振を行う。この面発光レーザの断面8を $6\mu\text{m} \times 5\mu\text{m}$ の矩形とする。

【0047】この構造の面発光レーザでは、ポスト断面のサイズが $6.5\mu\text{m} \times 6.5\mu\text{m}$ より小さくなると横モード、縦モードともに単一モードとなり、直線偏光を示す。例えば大久保勝彦著「I SDN自体の光ファイバ技術（理工学社）1-17ページ」に示されているように、シングルモード光ファイバの場合、単一モードが得られたコア径9のサイズでは、図2に示すとおりモードサイズ11がコア径9より少しだけ大きい状態である。

【0048】同様に本実施例では図3のように単一モードが得られる程度にポスト径を小さくしているのがポスト構造により閉じ込められている光のモードサイズ11はポストサイズ12より少しだけ大きい。そのためポスト側面の構造による影響を受け、ポスト形状による偏光制御が有効に働く。

【0049】逆に従来例のような、単一モードの得られない大きい径のポストではこのようなポスト側面の構造による偏光制御は本質的に起こることはない。

【0050】本来単一モードでは光は直進するが、この側面の影響は小さいが、実施例では上部のDBRのみ加工してあるため、下部のDBRには横方向に光を閉じ込める要因が無い。従って図5のように光は下部で広がり斜め成分を有するようになる。このためポスト側面の影響をより受け易い構造となっている。

【0051】本発明のポスト断面8は矩形である。従ってポスト側面は平面で囲まれている。図5のようにポスト内13からポスト外14へ漏れる光はポスト側面の平面17ではその面に垂直な偏光15の方が平行な偏光16より大きいことは上述のとおりである。

【0052】本実施例の $6 \times 5\mu\text{m}$ の矩形ポスト構造の面発光レーザでは、長辺側18、短辺側19ともにその辺に垂直な偏光15の損失が大きくなる。一方図6のように各辺からの損失の総計の比は単純に長さの比にほぼ等しいので、長辺側18での、長辺に垂直な偏光の損失が大きくなる。その結果短辺に垂直、すなわち長辺に平行な偏光（短辺に垂直な偏光）が優勢となる。

【0053】本実施例で用いた構造の面発光レーザではKosakaらがIEEE フォトニクス テクノロジー レターズ6巻323ページ（H. Kosaka et al., IEEE Photonics Letters, 6, 323, 1994）に示したように一辺の長さが $6\mu\text{m}$ より小さくなると急激に回折損が増加する。そのため損失を利用した本発明では、サイズを $6\mu\text{m}$ 径を基準に小さくするのが非常に有効となる。

【0054】光のフィールドを考えると、図4に示すよ

うに活性層3がもっとも強く離れると弱くなる。従って、実施例で最良の効果を得るためには、ポスト底部24と活性層3の距離が短いことが望ましい。しかし、近すぎると、電流がポストの端だけを流れ中心部まで注入されなくなってしまう。その結果レーザ発振のために高注入を必要とするようになり、横モードが不安定になる。従ってこのポストと活性層の距離には最適値が存在し、実施例で示した光学長1程度波長で良好な結果が得られている。

【0055】図7に断面のサイズを $6 \times 6\mu\text{m}$ から $6 \times 3.5\mu\text{m}$ まで $0.25\mu\text{m}$ おきに変化させた面発光レーザ8マトリックスアレイ（64素子）について、偏光の方向の割合を示す。短辺のサイズが $6\mu\text{m}$ から減ると、一旦短辺に平行な偏光が増える。これは、例えば阿部英太郎著「マイクロ波」（東京大学出版会：1983年初版）54頁に記されている一般の矩形マイクロ波管でよく知られているように、もともと矩形導波路では基本モードの偏波は、図8のように短辺に平行になるからである（図は導波管外への漏れ損失がない場合）。しかも長辺と短辺のサイズがほぼ変わらないところでは、長辺と短辺、各々の辺に垂直な偏光の側面での損失の差があまりないで偏光制御効果は小さく、矩形形状による基本偏光方向が優勢となるためである。さらに短辺の長を小さくしていくと、長辺における側面での垂直方向の偏光の損失が増すので、次第に長辺に平行な偏光が優勢となり長辺に平行な偏光が残る。

【0056】また、活性層とポストとの距離の最適化をはかることにより、ポスト部での光の場を強くし、損失の影響を大きくすることができる。本実施例では $5\mu\text{m}$ 以下で100%長辺に平行となり完全に偏光制御を実現することができた。図7中で矩形形状が $6 \times 4.25\mu\text{m}$ のもので100%でなかったのは、素子の作成時に一部のポスト形状を壊してしまったためと考えられる。

【0057】本発明の実施例の矩形以外のポスト構造の断面を図9に示す。図に示したとおり本実施例のポスト形状は矩形に限られたものではなく断面の中で最も長い1組の辺が他の辺より長ければよい。

【0058】本実施例ではGaAs/AlAs系材料であったが、他の材料系でもかまわない。その場合、断面サイズは、発振波長の光学長にもよって変化する。

【0059】また本実施例の基板に平行なポスト構造の断面を構成する辺は光が直線と感じることができる範囲内（1波長未満）であれば直線でもなくともよい。

【0060】以下、図面を用いて本発明の面発光レーザアレイの実施例を説明する。

【0061】図11は本発明の面発光レーザアレイの第1の実施例の配置を示したもので、個々の半導体レーザでは上記実施例の面発光レーザを用いている。ポスト構造を用いた屈折率導波型面発光レーザで、ポスト断面を基本横モードが得られる $6\mu\text{m}$ 程度に十分小さくし、さら

に矩形形状にすることで偏光を一方に規定させている。

【0062】基板は研磨により $100\mu\text{m}$ の厚さ、ドーピングは電極コンタクト部は $4\times 10^{18}\text{cm}^{-3}$ 半導体多層反射膜は $1\times 10^{18}\text{cm}^{-3}$ 以上となっている。この矩形ポストを図11に示すように隣どうして90度異なるように配置している。

【0063】図12は本発明のアレいの偏光方向を示す図である。図12に示す通り偏光方向は $125\mu\text{m}$ ピッチの 8×8 の64マトリクスアレい内で交互にほぼ90度異なる偏光が得られている。

【0064】このアレいに対して図13に示すようなファイバアレい103を結合する場合、偏光子をレーザアレいとファイバアレいの間に挟むことで、クロストークを大幅に削減できるので、ファイバとレーザの位置ずれの許容度を少なくとも2倍することができる。

【0065】図14に本発明の面発光レーザアレいの第2の実施例を示す。

【0066】図14は面発光レーザアレいの第1の実施例で用いた矩形ポストの面発光レーザを偏光方向を30度ずつずらした面発光レーザアレいである。このとき、偏光子を通過させると、透過光強度は最初のレーザ光の出力に対して $\cos 30^\circ$ 、 $\cos 60^\circ$ 、 $\cos 90^\circ$ 、すなわち0.87、0.5、0倍となるので、特別な駆動回路を必要とせずにアレい内の光強度を変化させることができる。

【0067】本実施例では矩形ポストの面発光レーザの偏光方向のずれ角を30度としたが、これに限られることはなく、例えば15度ずつであれば $\cos 15^\circ$ 、 $\cos 30^\circ$ 、 $\cos 45^\circ$ 、 \dots 、 $\cos 90^\circ$ 倍すなわち0.97、0.87、0.7、 \dots 、0倍とすることができる。

【0068】以下、本発明の面発光レーザアレいを適用した光情報処理装置の例を示す。

【0069】図15に本発明の面発光レーザアレいを適用した光インターコネクションの第1の実施例を示す。

【0070】図15において、光源の構成は8個の縦偏光レーザ123からなる伝送信号用アレいに、1つの横偏光レーザ120からなる制御信号用のレーザを加えて1単位とし、これを並列に8個並べられている。光源から出射された光は偏光ビームスプリッタ(PBS)118において、伝送信号用アレいからのレーザ光は透過し、伝送用信号光122と偏光方向が90度異なる制御用信号光123は別個に取り出される。半導体レーザの駆動は8素子からなる伝送信号用アレい1列ごとにまとめて行っている。制御信号としては、その列が伝送中であることを示す信号等の集中管理に使われる信号として送信される。

【0071】図16に本発明の面発光レーザアレいを適用した光インターコネクションの第2の実施例を示す。

【0072】本実施例の面発光レーザアレいでは9個のレーザアレいからなる1列を同時に駆動している。このうちの真ん中の1素子のみ偏光方向を15度ずらしてモリシックに形成されている。これにより偏光ビームスプリッタ(PBS)118により約3%の光出力を分離でき、分離されたAPC用モニタ光125を自動出力制御装置(APC:Auto Power Controller)のモニタ光に用いている。

【0073】図17に本発明の面発光レーザアレいを適用した光インターコネクションの第3の実施例を示す。

【0074】本実施例の面発光レーザアレいでは中央の2素子の偏光方向を45度ずらしたレーザアレいが形成されている。偏光ビームスプリッタ(PBS)118により横偏光レーザ120の出力光はPBS118上部へ分離され、また縦偏光レーザ123の出力光は偏光ビームスプリッタ118を透過する。また45度偏光レーザ133の出力光は透過及びPBS上部への反射に二等分される異なる偏光方向ごとの1/2強度光134に分離される。

【0075】この実施例では列ごとの偏光設定で、1段階であるが、個々の素子ごとの設定や多段階の接続を行うことにより光インターコネクションにおいて更に複雑な自由空間光路決定が実現することは言うまでもない。

【0076】図18に本発明の面発光レーザアレいを適用した立体映像ディスプレイ装置の実施例を示す。

【0077】本発明の立体映像ディスプレイ装置の発光部135はレーザマトリクスアレい136で構成されていて個々の素子は偏光方向が互いに垂直になるように配置され、レーザ駆動回路は個々の素子ごとにマトリクスアレい状に作りつけられている。

【0078】例えば右視野像を縦の偏光、左視野像を横の偏光で表示することにより、偏光メガネを用いて立体映像を見ることができる。本発明の面発光レーザアレいを用いることにより従来必要であったマトリクス状の偏光フィルタを用いなくて済み、よって偏光フィルタでの光吸収によるフィルタの熱劣化とスクリーンの明度の低下を防ぐことができる。

【0079】図19に本発明の光スイッチ網である 4×4 のシャッフル網の実施例を示す。

【0080】図19においてスイッチノード119は、紙面に平行な偏光115を射出する面発光レーザと紙面に垂直な偏光116を射出する面発光レーザ及びそれぞれ半導体レーザに対応する図示していないフォトディテクタを1単位として構成されている。

【0081】上記構成のスイッチノード119が4行3列に配置されていて、スイッチノード119とスイッチノード119間には偏光ビームスプリッタ(PBS)118が配置されているものと、偏光ビームスプリッタ118と全反射鏡117が配置されているものがあり、偏光ビームスプリッタ118により対面するスイッチノード

ド119の隣のスイッチノード119へレーザ光を入射させている。また全反射鏡117により、対面するスイッチノード119の2つのスイッチノード119へとレーザ光を入射させている。

【0082】本実施例では光路の振り分けが、2つの偏光方向が異なる半導体レーザに対して1つの偏光ビームスプリッタ118、もしくは1つの偏光ビームスプリッタ118と全反射鏡117の組み合わせからなる単純な光学系で構成することができる。

【0083】本実施例ではスイッチノードのレーザの数を2つとしたが、これに限られるわけではなく2つ以上でも可能である。

【0084】本実施例では紙面平行方向の光スイッチ網であるが、これに加えて紙面垂直方向にも光スイッチ網を構成することができる。

【0085】図20に本発明の偏光多重伝送装置の実施例を示す。

【0086】光源は紙面に平行な偏光115を出射する半導体レーザ及び紙面に垂直な偏光116を出射する半導体レーザで構成されている。各々の半導体レーザから出射された光はPML（平行平板レンズ）126によりそれぞれコリメートされ、さらに集光用凸レンズで集光されてシングルモードファイバ（SMF：Single Mode Fiber）128へ入射している。SMF128では偏光の直交関係が維持されるので、偏光方向が90度異なる偏光を有する2個のレーザを別々に変調し、一本のSMF128により偏光多重伝送が行える。

【0087】SMF128伝送中に直線偏光ではなくなるが、直交関係は保持されるので、受信側にソレイユバビネ位相補償板129を通すことで元の2つの直線偏光に直し、更に偏光ビームスプリッタ118により分離され、フォトディテクタ130で受光している。

【0088】図21に本発明の光通信装置の実施例を示す。本実施例では2つのレーザ素子を用いた偏光シフトキーイング（polarization shift keying）伝送装置を例として用いた。

【0089】コヒーレント光通信の一種である偏光シフトキーイング伝送では従来、送信側の信号変調は液晶を用いた偏光変調素子を用いていた。液晶を用いた偏光変調素子を用いた場合、変調速度はせいぜい1000bit/sと遅く、光情報処理の高速化の問題となっていた。

【0090】これに対し、本発明では偏光が互いに垂直な2つの半導体レーザよりなるレーザアレイを、交互に光らせて変調を行うので、個々のレーザの変調速度が数Gbit/sと速く、高速変調が可能である。

【0091】シングルモードファイバ（SMF）128を伝搬後、合流器32により局地光131と合流させ、偏光ビームスプリッタ118を通過後それぞれフォトデ

テクタ130でうなり成分を検出することで偏光シフトキーイング方式の伝送を行っている。

【0092】

【発明の効果】本発明の面発光レーザは偏光制御を完全に行うことができるので素子どうしの偏光をそろえるための偏光素子等の光学素子を用いなくても光コンピューティングや光通信等に適用でき、システムを簡素化することができる。

【0093】本発明に示した偏光方向が任意に設定されたレーザアレイを用いることにより、偏光多重伝送装置、自由空間光路決定方法等様々な機能が実現される。

【図面の簡単な説明】

【図1】矩形断面を有する面発光レーザの構造を示す図である。

【図2】シングルモードファイバにおけるコア径とモードサイズの関係を示す図である。

【図3】矩形断面ポストにおけるポストサイズとモードサイズの関係を示す図である。

【図4】ポスト側面における濡れ損失の偏光依存性を説明するための図である。

【図5】損失の総計は長辺側で多いことを示す図である。

【図6】面発光レーザ垂直断面での光のフィールドの形状を示す図である。

【図7】偏波の割合のポストサイズ依存性を示す図である。

【図8】矩形導波管での基本モードの偏波方向を示す図である。

【図9】本発明に適用できる、矩形以外の断面形状の例を示す図である。

【図10】従来の面発光レーザの断面形状を示す図である。

【図11】交互に90度異なる偏光を有する本発明の面発光レーザマトリックスアレイを示す図である。

【図12】図11に示されたレーザアレイの偏光方向を示す図である。

【図13】二次元ファイバアレイを示す図である。

【図14】30度ずつ異なる偏光を有する本発明の面発光レーザアレイを示す図である。

【図15】8個の伝送用レーザと1個の偏光方向の異なる制御用レーザの1次元アレイの列からなるレーザマトリックスアレイを示す図である。

【図16】9個のレーザのうち1個をAPC用モニタ光として用いるレーザの1次元アレイの列からなるレーザマトリックスアレイを示す図である。

【図17】偏光を列ごとに設定したレーザマトリックスアレイを用いた自由空間光路決定を示す図である。

【図18】交互に垂直な偏光を有するレーザマトリックスアレイを用いた立体ディスプレイ装置を示す図である。

【図 1 9】 垂直な偏光を有するアレイを光源に用いた本発明の4×4シャッフル網を示す図である。

【図 2 0】 本発明の偏光多重伝送を示す図である。

【図 2 1】 垂直な偏光を有する1アレイを光源に用いた本発明の偏光シフトキーイング方式の光伝送装置を示す図である。

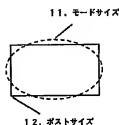
【図 2 2】 従来のモノリシックな端面出射型ストライプレーザアレイを示す図である。

【図 2 3】 ポスト構造を有する面発光レーザを示す図である。

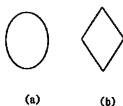
【符号の説明】

- 1 陽極
- 2 ポスト状陽極側多層反射膜
- 3 InGaAs活性層
- 4 光閉じ込め層
- 5 イオン注入による不活性化領域
- 6 陰極側半導体多層反射膜
- 7 陰極
- 8 面発光レーザ断面
- 9 コア
- 10 クラッド
- 11 モードサイズ
- 12 ポストサイズ
- 13 ポスト内
- 14 ポスト外
- 15 側面に垂直な偏光
- 16 側面に平行な偏光
- 17 ポスト側面
- 18 長辺
- 19 短辺
- 20 ポスト断面
- 21 長辺で損失が多い長辺に垂直な偏光
- 22 短辺で損失が多い短辺に垂直な偏光
- 23 光のフィールド
- 24 ポスト構造底面
- 25 矩形導波管
- 26 偏波方向
- 101 矩形ポスト

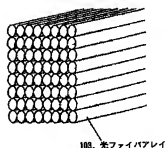
【図 3】



【図 10】

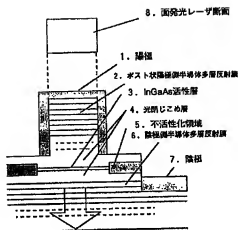


【図 13】

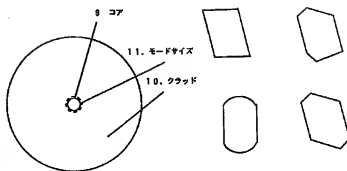


- 102 偏光方向
- 103 光ファイバアレイ
- 104 電極
- 105 酸化シリコン
- 106 メサストライプ
- 107 活性層
- 108 陽極
- 109 陽極側半導体多層反射膜
- 110 InGaAs活性層
- 111 光閉じ込め層
- 112 不活性化領域
- 113 陰極側半導体多層膜
- 114 陰極
- 115 紙面に平行な偏光
- 116 紙面に垂直な偏光
- 117 全反射鏡
- 118 偏光ビームスプリッタ
- 119 スイッチノード
- 120 横偏光レーザ
- 121 制御用信号光
- 122 伝送用信号光
- 123 縦偏光レーザ
- 124 15度偏光レーザ
- 125 APC (Auto Power Control) 用モニタ光
- 126 PML (Planar Micro Lens)
- 127 集光用凸レンズ
- 128 SMF (Single Mode Fiber)
- 129 バビネーソレイユ位相補償板
- 130 PD (Photo Detector)
- 131 局地光
- 132 合流器
- 133 45度偏光レーザ
- 134 1/2強度光
- 135 発光部
- 136 偏光が交互に垂直なレーザマトリックスアレイ

【図 1】



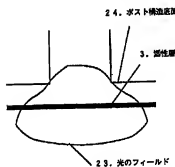
【図 2】



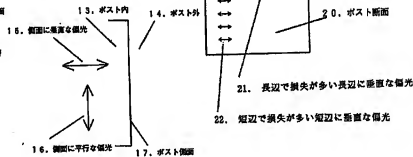
【図 9】

【図 6】

【図 4】

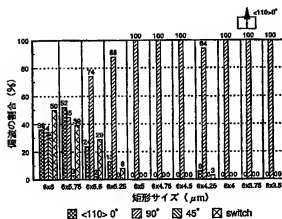


【図 5】

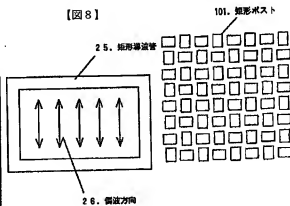


【図 11】

【図 7】

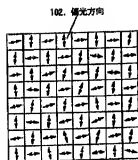


【図 8】

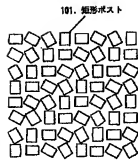


▨ <110> 0° ▤ 90° ▩ 45° □ switch

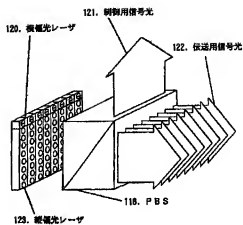
【図 12】



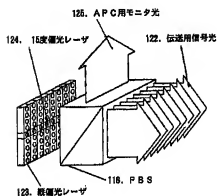
【図 14】



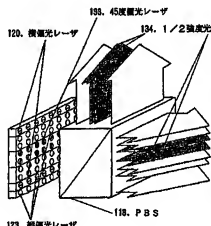
【図 15】



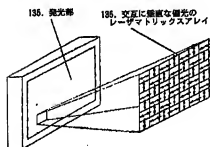
【図 16】



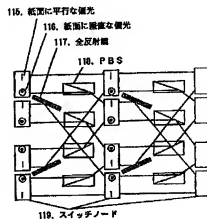
【図 17】



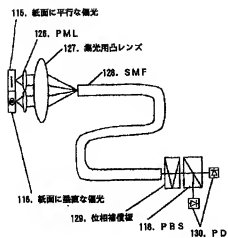
【図 18】



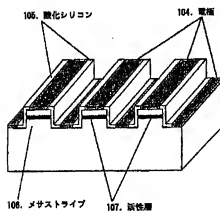
【図 19】



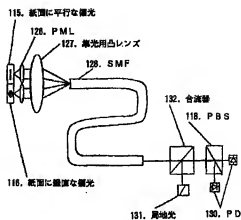
【図 20】



【図 22】



【図 21】



【図 23】

